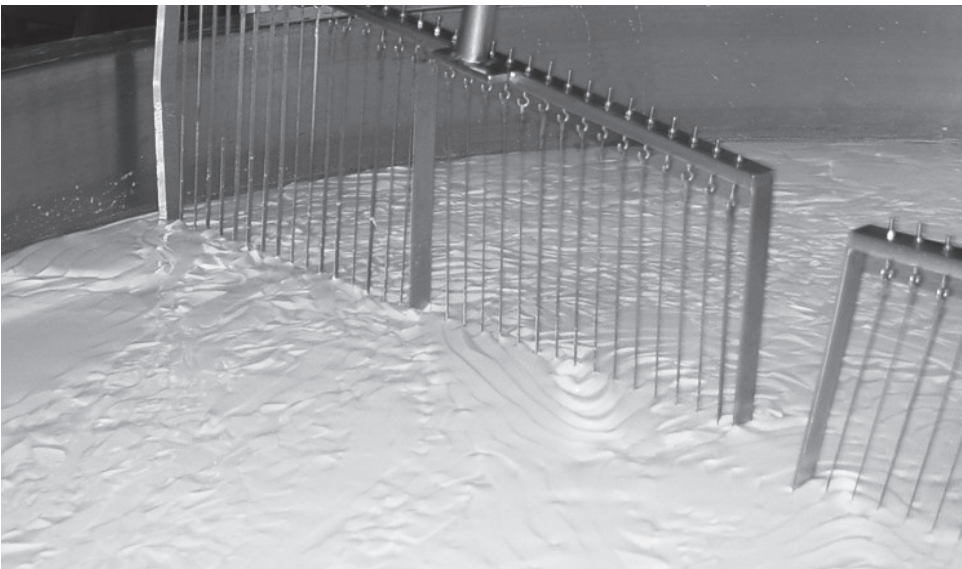


LA FROMAGEABILITÉ DU LAIT

Groupes de discussion



Résumé

Le présent document destiné à la formation continue des fromagers donne un aperçu des nombreux aspects de la qualité spécifique du lait de fromagerie ou, en d'autres termes, des aspects qui influencent son aptitude à être transformé en fromage au lait cru. Il contient également une vue d'ensemble de la diversité des méthodes qui existent et qui permettent de contrôler cette qualité.

La coagulation et son influence sur le rendement fromager y sont également traités. La teneur en cellules somatiques, les variants génétiques des protéines du lait et les races bovines sont les principaux éléments qui influencent la coagulation à la présure.

Enfin, les résultats obtenus au travers des nouvelles méthodes d'analyse de la composition du lait, notamment l'indice de caséine sont également abordés.

1 Introduction

La «fromageabilité» du lait signifie son aptitude à être transformé en fromage.

L'aptitude du lait à être transformé en fromage dépend de nombreux critères. Ci-dessous un aperçu de ces critères, voir en page 3 (en haut).

2 Surveillance de la fromageabilité du lait

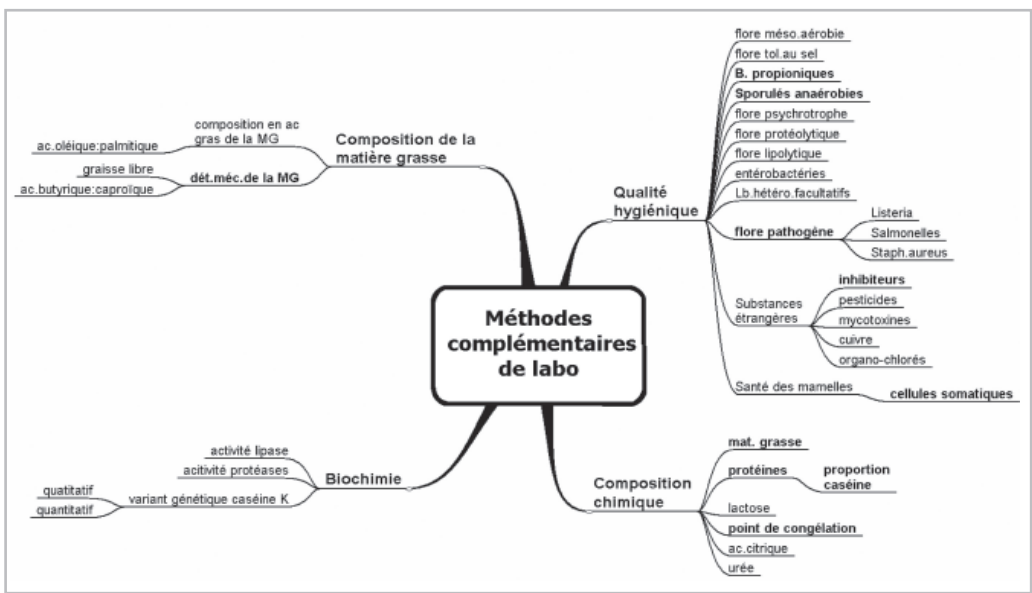
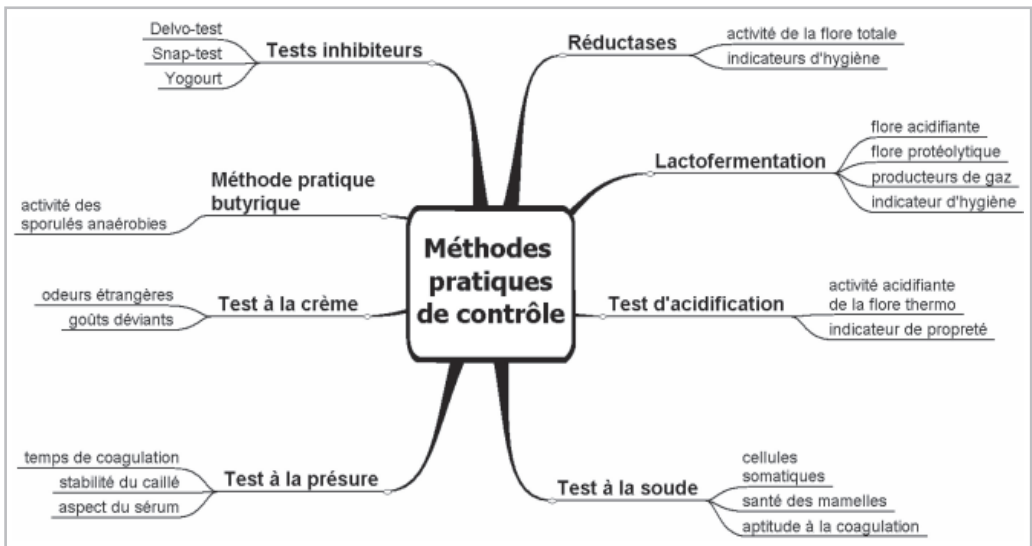
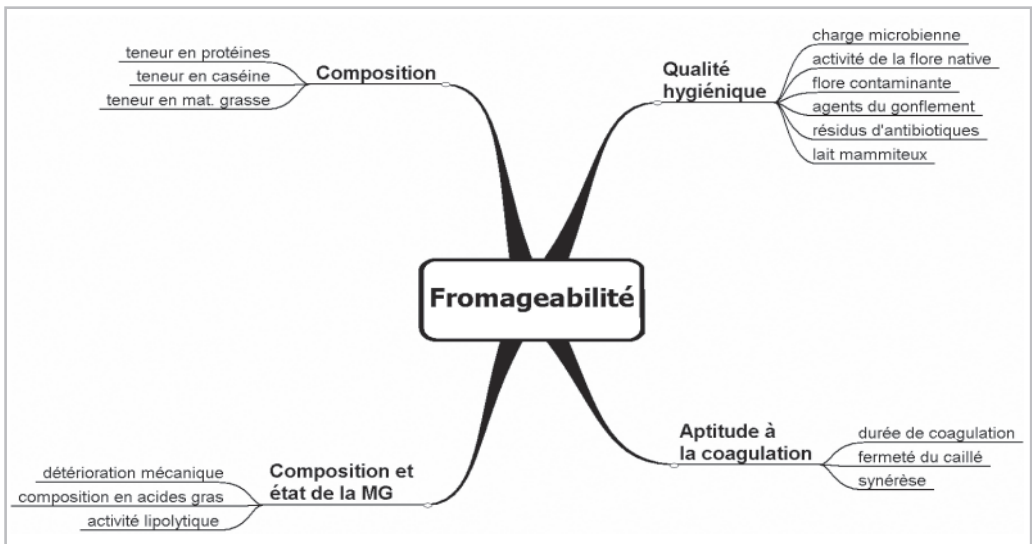
Les fromagers disposent d'une palette relativement importante de méthodes pour surveiller l'aptitude du lait à être transformé en fromage. Les plus précieuses sont celles qui peuvent être utilisées à la fromagerie, sans équipements particuliers, qui présentent un temps de réponse court et qui sont avantageuses.

Au cours des dernières décennies, plusieurs méthodes pratiques ont été développées et étudiées par notre station de recherche ALP.

On sait qu'elles disposent d'un très grand potentiel informatif et de diagnostic en matière de qualité du lait et du fromage.

Le schéma en page 3 (au milieu) donne un aperçu des principales méthodes applicables en fromagerie.

De plus, les laboratoires des SICL ou ceux d'ALP offrent une gamme d'analyses permettant de compléter les résultats obtenus par le biais des méthodes pratiques. La plupart de celles-ci figurent dans le schéma en page 3 (en bas).



3 Influence de la teneur en cellules sur la fromageabilité du lait

Il est clairement démontré, au travers de divers essais, que la fromageabilité du lait de mammites diminue et que le rendement fromager en subit les conséquences. Dans le lait de mammites, la teneur en caséine diminue et la teneur en protéines sériques augmente.

4 Les variants génétiques des protéines du lait

Le lait contient deux fractions de protéines – la caséine et la protéine du sérum ou protéine sérique.

La caséine se compose de 4 composants autonomes: α_1^1 , α_2^2 , β et κ .

La protéine sérique regroupe les «albumines» et les «globulines».

Figure 1 illustre la composition des protéines du lait.

Tab. 1 Influence de la teneur en cellules sur la composition du lait

| Composants du lait (g/100 ml) | Teneur en cellules (x 1000/ml) | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-------|------------|
| | < 100 | < 250 | 500 - 1000 |
| Lactose | 4.90 | 4.74 | 4.60 |
| Matière grasse | 3.74 | 3.69 | 3.51 |
| Protéines totales | 3.62 | 3.61 | 3.75 |
| Caséine | 2.81 | 2.79 | 2.65 |
| Protéine sériques | 0.81 | 0.82 | 1.10 |

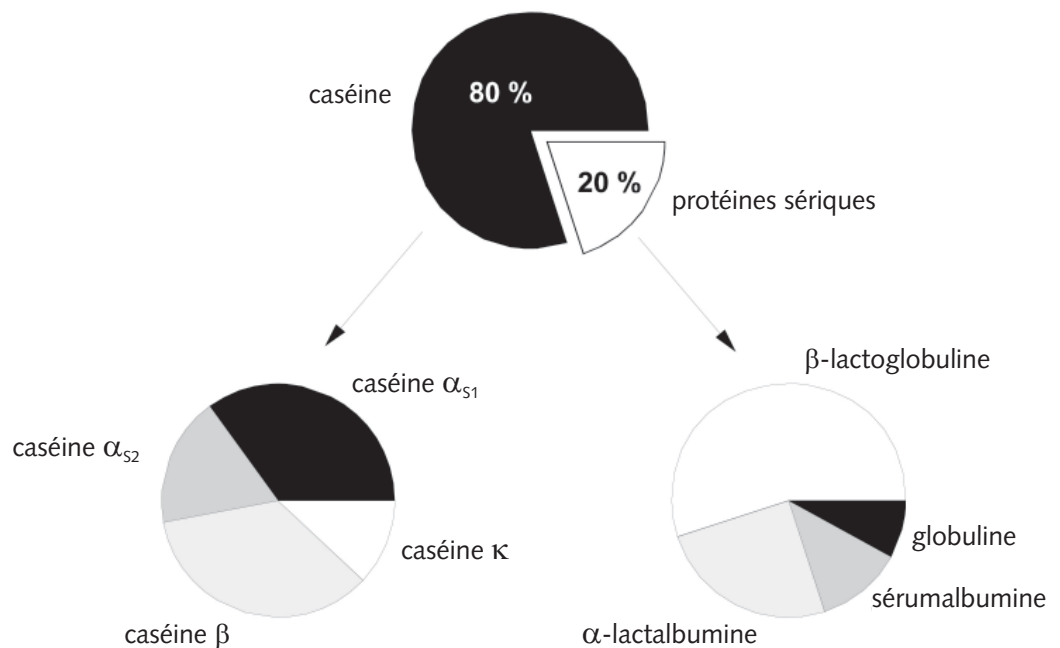


Fig. 1 Les protéines du lait et leurs composants

Les protéines sont des molécules géantes composées de près de 20 acides aminés différents, noués sous forme de longues chaînes, comptant jusqu'à plus de 200 éléments. Le nombre et l'ordre d'acides aminés formant une protéine sont fixés génétiquement. Au cours de l'évolution des espèces, cet ordre a subi des modifications ou mutations ponctuelles. C'est ainsi que des variants génétiques se sont formés. En règle générale, les variants génétiques ne se distinguent que par l'échange d'un ou deux acides aminés.

La figure 2 illustre la différence entre les variants A et β de la caséine κ .

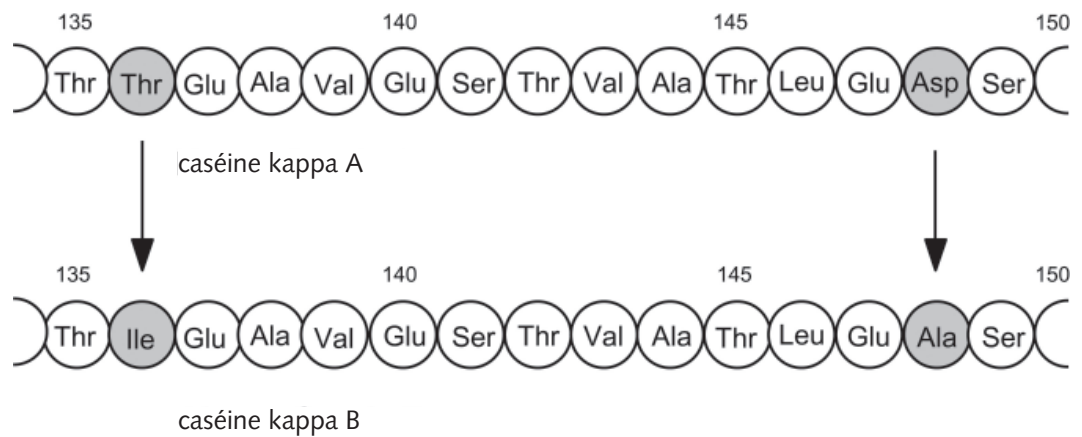


Fig. 2 Les différences de la séquence des acides aminés des variants génétiques A et B de la caséine κ . Les numéros indiquent la position des acides aminés dans la chaîne des polypeptides.

Les variants génétiques des protéines du lait se définissent au moyen de l'électrophorèse. La vitesse de migration permet alors de différencier les protéines en fonction de leur code génétique que l'on définit avec des lettres.

La figure 3 représente la photo d'une plaque électrophorétique.

Les variants génétiques des protéines du lait, notamment ceux de la caséine κ (κ -Cn) et de la β -lactoglobuline (β -Lg), influencent la composition du lait et certains critères de productivité des vaches.

Les études réalisées sur la race Holstein ont démontré que la κ -Cn B se répercute positivement sur la teneur en protéine du lait. Le lait avec le variant génétique κ -Cn BB contient, dans la moyenne de toutes les études faites, une teneur en protéine supérieure de 0.07 mg/100ml par rapport au variant κ -Cn AA.

Pour la race Brune cependant, les résultats d'une étude large indiquent une tendance inverse.

Les variants génétiques de la β -Lg influencent beaucoup la composition du lait. Le lait β -Lg BB par exemple, par rapport à la protéine totale, contient près de 3% de plus de caséine que le lait β -Lg AA. Ce phénomène explique pourquoi le rendement fromager du lait β -Lg BB est plus important. Ces corrélations sont valables pour toutes les races.

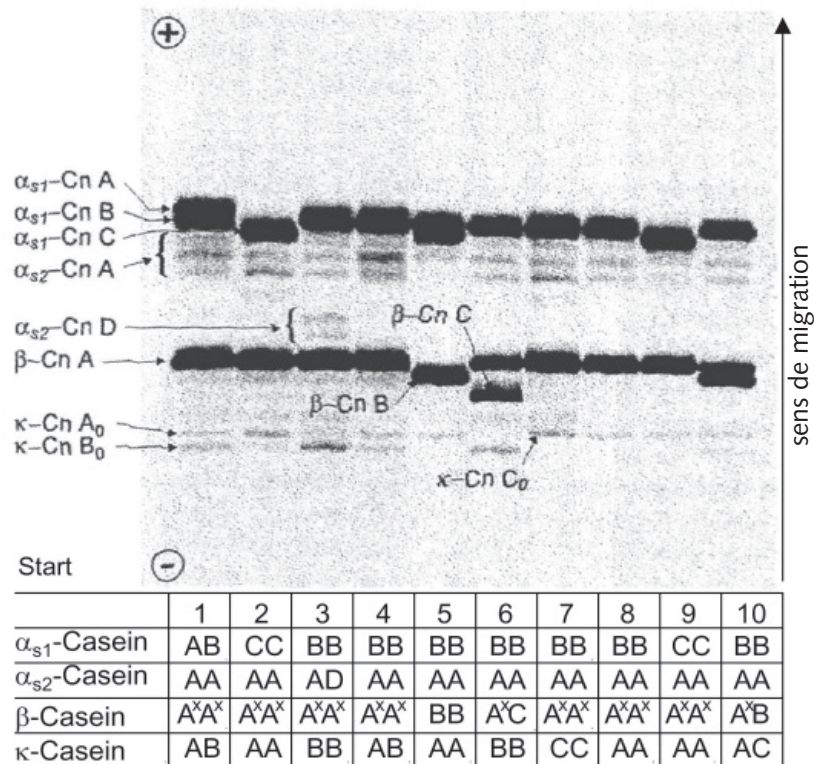


Fig. 3 électrophorèse de la caséine de laits de vaches individuelles (Jakob, Diss. E PFZ, 1993)

5 L'influence des variants génétiques de la caséine sur la coagulabilité du lait

En fromagerie, en plus de la teneur, la coagulabilité du lait joue un rôle important. Le lait paresseux amène des pertes de rendement et peut causer des défauts de qualité des fromages.

La coagulabilité du lait se définit au moyen du temps de coagulation, de la résistance du caillé et de la synérèse. Différentes méthodes existent pour mesurer simultanément la durée de coagulation et les propriétés du caillé. Une des plus connue étant le formagraphe (figure 4). Comme les analyses étaient relativement laborieuses, cette méthode ne s'est jamais imposée comme méthode de routine.

La figure 4 représente la photo d'un formagrame effectuée sur des échantillons de lait présentant différentes aptitudes à la coagulation.

Les trois paramètres de la coagulation (durée de coagulation, résistance du caillé et synérèse) sont essentiellement fonction des variants génétiques de la caséine κ .

En comparant des laits du type β -Cn BB et κ -Cn BB avec des laits β -Cn AA et κ -Cn AA on constate que le premier type coagule pratiquement 2 fois plus vite et que le lait du type κ -Cn BB donne des caillés de près de 50% plus résistants que celui du type κ -Cn AA.

Concernant le variant génétique E de la κ -Cn, des études récentes prouvent que ce variant a un effet similaire que le variant A sur la coagulation.

Le variant B de la β -Cn, toujours selon ces études, favoriserait la coagulation sans influencer la résistance du caillé.

Divers travaux ont démontré que le variant B de la κ -Cn augmente légèrement le rendement en fromage et la synérèse du caillé. Cette dernière étant avant tout intéressante en production de fromage à pâte extra dure.

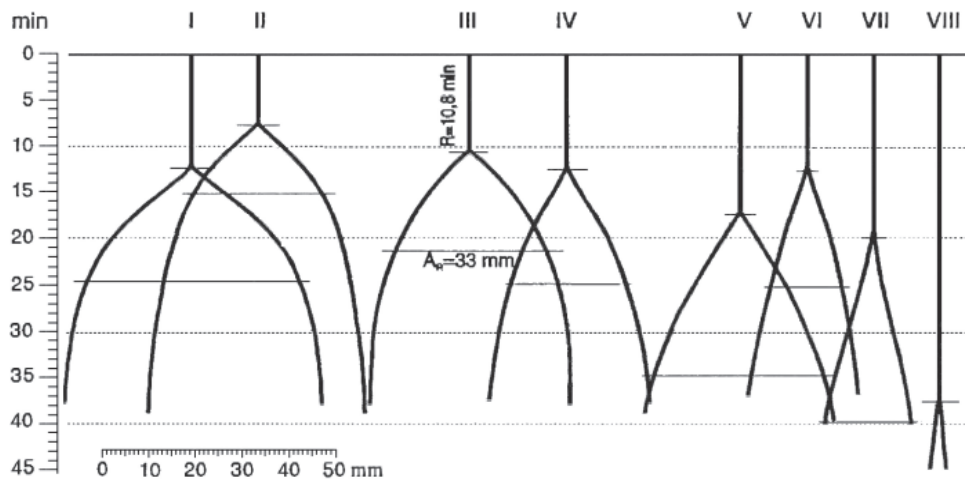


Fig. 4 Formagrammes de laits avec différentes aptitudes à la coagulation (Jakob, Diss. E PFZ, 1993)

R = durée de coagulation

A_r = fermeté du caillé après $R \times 2$, (I et II) très bonne aptitude, (III et IV) aptitude moyenne, (V-VII) laits paresseux, (VIII) lait inapte à la coagulation.

6 Différences entre les races bovines et la coagulabilité du lait

La proportion d'animaux avec des prédispositions favorables à la coagulation du lait – variant BB et AB de la caséine κ - varie d'une race à l'autre. (Fig. 5)

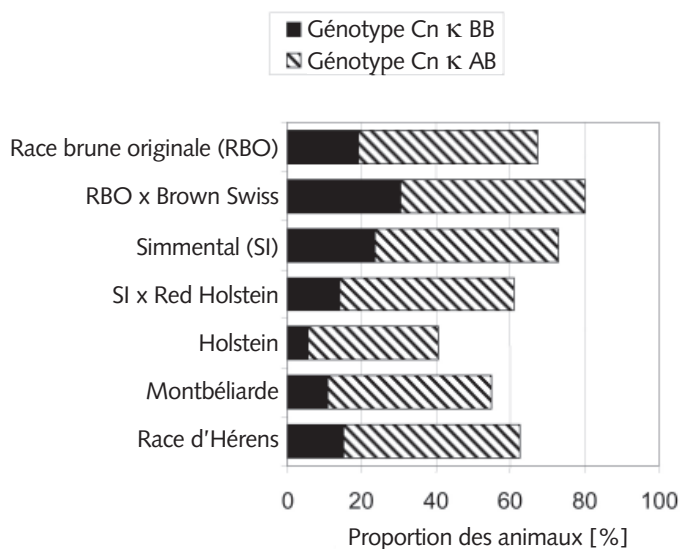


Fig. 5 Proportion de bêtes avec les génotypes BB et AB de la caséine κ chez les différentes races laitières

Il est bien connu que des différences existent entre les races et la coagulabilité du lait.

Une étude menée par l'EPFZ auprès de 666 producteurs de lait confirme cette affirmation (fig.6). Par rapport aux autres races, la race Brune donnait des résultats meilleurs tant au niveau du temps de coagulation qu'à celui de la résistance du caillé.

Ce qui correspond à la fréquence des variants génétiques favorables (κ -Cn B et β -Cn B), ainsi qu'à la teneur plus élevée en caséine rencontrées dans le lait de cette race (Tableau 2).

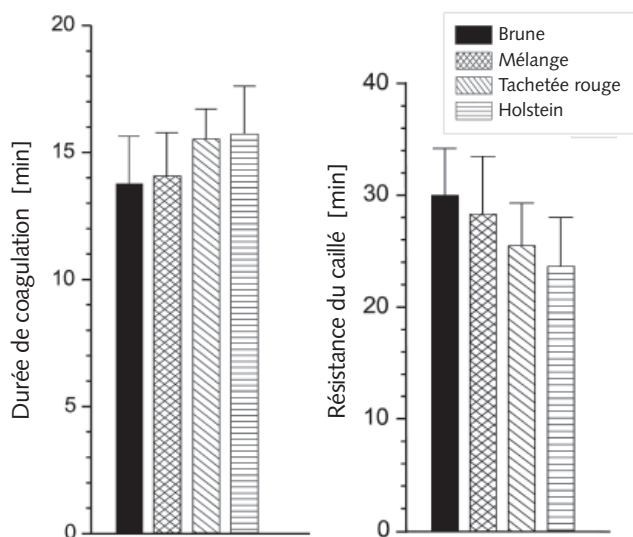


Fig. 6 Aptitude à la coagulation de 666 laits de troupeaux en fonction de leur composition racique (Jakob, Diss. E PFZ, 1993)

Tab. 2 Composition du lait des différentes races laitières

| Races | Matière grasse |
|----------------|----------------|
| Jersey | 5.80% |
| Brune | 3.99% |
| Tachetée rouge | 4.08% |
| Holstein | 4.03% |

7 Influence de la saisonnalité de la lactation sur la fromageabilité du lait

En conclusion, on peut affirmer que lorsque la composition des troupeaux est défavorable concernant les génotypes de la protéine du lait, la coagulation peut être entravée de façon à ce que la fabrication du fromage soit altérée.

Les problèmes se manifestent surtout durant les périodes de rendements laitiers élevés.

Comme environ la moitié du lait Suisse est transformé dans des fromageries artisanales, la coagulabilité du lait revêt une grande importance et mérite d'être observée dans l'élevage. En sélectionnant le bétail laitier au niveau de la teneur en caséine, on contribue à l'amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait et à l'amélioration du rendement fromager. Ceci revient à dire, qu'en augmentant la teneur en caséine, l'effet du variant génétique de la caséine κ sur la coagulation du lait diminue.

La production laitière est soumise, comme toutes les activités de l'agriculture, à des pressions économiques grandissantes – il faut produire à meilleur compte.

Sous l'impulsion de PSL et de la Haute Ecole Suisse d'Agronomie (HESA) un projet intitulé «OptiMilch» a vu le jour en 1999. La synchronisation des vêlages a fait l'objet d'essais.

Les «technologues fromagers» d'ALP sont d'avis que cette pratique pourrait poser des problèmes de fromageabilité du lait, surtout en début et en fin de lactation, certains auteurs décrivant le phénomène rencontré en Nouvelle-Zélande et en Irlande, en production de Cheddar.

Les buts de ces essais étaient, du point de vue de la technologie fromagère, les suivants:

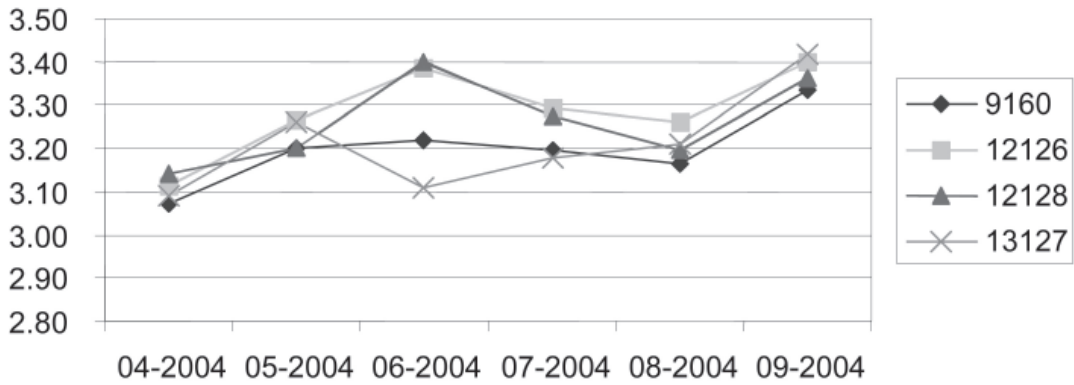
- connaître l'influence de la synchronisation des vêlages sur la fromageabilité du lait
- connaître les variations de l'aptitude à la coagulation durant la lactation
- connaître les variations de la composition du lait, en complément des connaissances relatives au déficit d'énergie, durant la lactation.

Résultats

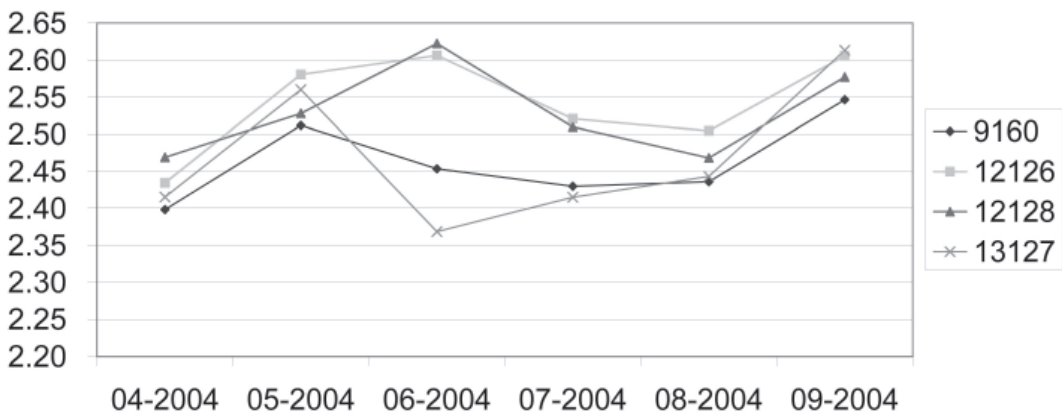
- la fromageabilité du lait est influencée par la synchronisation des vêlages – la qualité des fromages produits en début de lactation est moins bonne
- l'aptitude à la coagulation diminue en fin de lactation mais dans une mesure insignifiante du point de vue technologique – durée de coagulation 1 à 2 minutes plus longue
- la composition du lait varie dans le même sens que lors d'un déficit d'énergie chez les vaches. Il est aléatoire d'en conclure que ces variations sont attribuables au stade de lactation, au déficit d'énergie ou à un cumul des deux.

| Protéines | Matière grasse /Protéines |
|-----------|---------------------------|
| 3.93% | 9.73% |
| 3.32% | 7.31% |
| 3.21% | 7.29% |
| 3.17% | 7.20% |

Protéines [g/100ml]



Caséine [g/100ml]



Proportion de caséine [% des protéines totales]

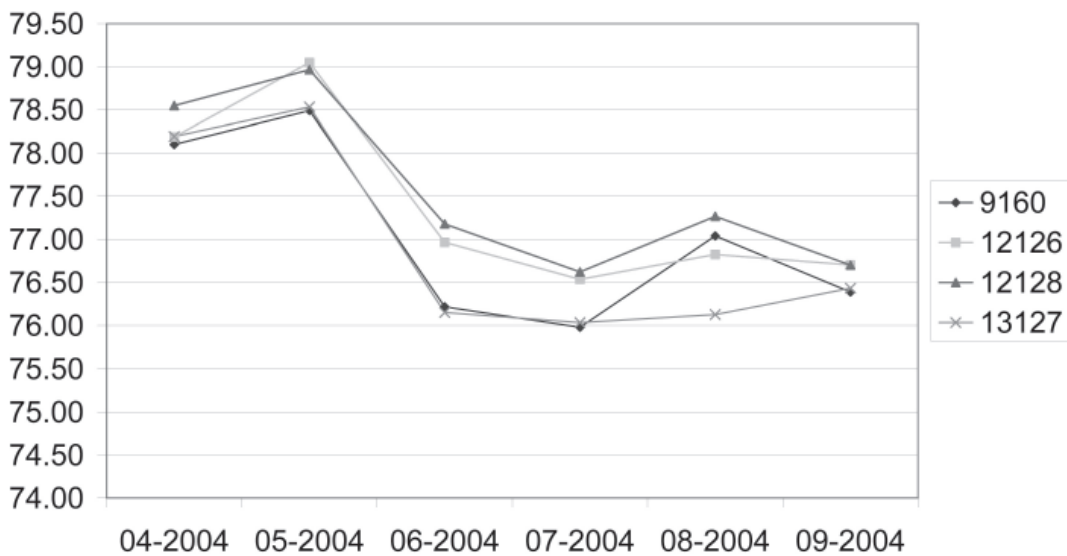


Fig. 7 Evolution saisonnière des teneurs en protéines et en caséine et proportion de caséine dans le lait de 4 troupeaux
Source: Laboratoire agro-alimentaire fribourgeois (LAAF)

8 Mesures de la teneur en caséine du lait

Il existe depuis peu en Suisse de nouveaux appareils qui permettent d'analyser simultanément plusieurs composants du lait. Le Combi-Foss 6000 FC permet l'analyse les critères suivants:

- teneur en matière grasse
- teneur totale en protéines
- proportion de caséine et des protéines sériques
- teneur en lactose
- teneur en acide citrique
- teneur en urée
- point de congélation
- nombre de cellules somatiques.

Une telle palette de résultats permet d'entrevoir des perspectives intéressantes à plusieurs niveaux, notamment à celui de la standardisation de la matière grasse du lait de chaudière, mais également en ce qui concerne le paiement du lait à la teneur.

La figure 7 illustre l'évolution de la teneur en protéines totales, en caséine et de la proportion de caséine de 4 producteurs de lait. Ces mesures ont été effectuées avec le Combi-Foss 6000 FC.

Il est intéressant de constater que la proportion de caséine est la plus élevée lorsque le taux de protéines totales est le plus faible. Ce qui signifie que le rendement en fromage par kg de protéines est env. 2,5% inférieur en automne.

Bilan

- le paiement du lait de fromagerie basé sur la teneur en caséine est aujourd'hui possible sans coûts supplémentaires
- le paiement à la teneur en caséine conduit à une indemnisation plus logique de la valeur du lait de fromagerie
- la mesure régulière de la teneur en caséine du lait de chaudière permet un réglage plus précis de la teneur en gras/sec dans le fromage.

9 Conséquences pour les acheteurs de lait

La fromageabilité du lait n'est pas une fatalité. Les acheteurs de lait peuvent inciter les producteurs à produire du lait avec de très bonnes aptitudes à la transformation en fromage. Elle influence la rentabilité d'une entreprise de façon considérable.

L'aptitude à la coagulation et tous les éléments qui l'influencent, comme la teneur en protéines, en cellules somatiques et le variant génétique de la caséine Kappa, vont avoir un impact sur le rendement en fromage et, dans une certaine mesure, sa qualité.

Les dispositions fermentatives du lait et les agents du gonflement, comme les propioniques et les butyriques, vont influencer la qualité et la conservabilité du fromage.

Les interprofessions proposent des systèmes de paiement du lait qui tiennent compte des éléments qui influencent la fromageabilité du lait. L'application de ces systèmes permet de différencier le prix du lait en fonction de sa fromageabilité.

Néanmoins, certains critères échappent à ces systèmes. Il est alors du ressort du fromager d'être suffisamment persuasif vis-à-vis de ses producteurs pour intégrer des éléments supplémentaires dans le paiement du lait selon sa fromageabilité.

